

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 4 月 26 日現在

機関番号：73905

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420365

研究課題名(和文) マルチメディア通信における状況適応型QoE向上基礎技術の研究

研究課題名(英文) A Study on Situation-Adaptive Technologies for QoE Enhancement in Multimedia Communications

研究代表者

田坂 修二 (Tasaka, Shuji)

公益財団法人名古屋産業科学研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：80110261

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：マルチメディア通信サービスのQoE (Quality of Experience: ユーザ体感品質)への影響要因の定量的明確化と、その結果に基づいたQoE向上基礎技術の確立を試みた。

まず、QoE とQoS (Quality of Service)とを機軸として構造化した情報ネットワーク基礎技術の教科書を著した。QoE向上基礎技術として、音声・ビデオ通信用QoEベースビデオ出力方式SCS、多視点ビデオ・音声通信、力覚・音声・ビデオ通信におけるメディア適応型メディア内同期制御方式、ユーザ援用型QoE向上方式を取り上げ、それらの高度化を図った。更に、QoEのベイズ統計モデルを世界で初めて構築した。

研究成果の概要(英文)：This study has examined how factors such as users, tasks and network environments affect QoE (Quality of Experience) in multimedia communications in quantitative ways; taking into consideration the influencing factors thus clarified, it has developed fundamental technologies for QoE enhancement.

First, we have written a textbook on fundamental technologies of information networks by setting an organized structure of QoE and QoS (Quality of Service) as its framework. We have also improved, extended and/or merged individual QoE enhancement technologies, which include a QoE-based video output scheme SCS for audiovisual communications, Multi-View-Video and audio communications, Media Adaptive Buffering (MAB) control in haptic-audiovisual communications, and user-assisted QoE enhancement with graphical user interfaces. In addition, we have built Bayesian statistical models of QoE, which was never found in previous studies on QoE worldwide.

研究分野：工学

キーワード：マルチメディア通信 QoE ユーザ体感品質 QoS インターネット高度化 情報通信工学

## 1. 研究開始当初の背景

サービス提供の最終目標は、ユーザが満足する QoE(Quality of Experience: ユーザ体感品質)を達成することである。このことは、産業界では古くから認識されており、多様な方法が考案され、ノウハウとして蓄積されている。QoE は、産業界では、一般にユーザ・エクスペリエンスと呼ばれている。2011年に野村総合研究所が日本・米国・中国の各企業に行った IT キーワードの重要度アンケート調査によると、ユーザ・エクスペリエンスは、米国と中国では重要度第2位にランクされている。一方、日本企業では第11位以下と軽視されている(出展:野村総合研究所,“ITロードマップ2012年版”,東洋経済新報社)。我国 IT 産業の世界的競争力低下の一因は、この辺りにあるのかもしれない。

QoE の学術的技術的研究は、ITU での電話音声品質とテレビ映像品質の主観評価手法や、ISO 9241-11 のユーザビリティ等を中心に古くから行われている。しかし、それらの研究では、QoE という言葉は使われておらず、特に通信分野では、その内容は現在の QoE の一面(特にユーザ満足度)にのみ焦点を合わせた限定的なものがほとんどであった。

本研究の課題である IP ネットワーク・マルチメディアサービスの QoE に関しても、その学術的研究は初期段階にあると言える。しかし、ここ 5、6 年で、学会でも QoE の重要性が認められて来ており、QoE 研究への関心が急速に高まっている。

QoE 研究の第1歩として、通信関係標準化機関や多くの研究者が、まず QoE の定義を与えている。その代表的なものは ITU-T 勧告 P.10/G.100 Amendment2(2008年)であり、QoE を“エンドユーザが主観的に感じる、アプリケーションまたはサービスの総体的受容度”と定義している。この定義では、QoE は、ユーザ、端末、ネットワーク、サービスインフラや、ユーザの期待度及びコンテキストに影響されうるとしている。また、欧州通信標準化機構 ETSI は、TR102 643 (2010年)において、“情報通信サービスまたは製品の使用についての客観的及び主観的心理的尺度に基づいたユーザ性能の尺度”と QoE を定義し、QoS (Quality of Service: サービス品質)のような技術的要因のみならず、通信タスクなどの使用コンテキスト変数を考慮に入れるべきであるとしている。

上記の2定義を踏まえ、研究代表者は、QoE 尺度として、“ユーザ満足度”、“タスクの有効性”、“タスクの効率”を使用するのが適切であると考えている。これらの尺度には、状況依存性がある。すなわち、QoE は、QoS やユーザ属性のみならず、通信状況(タスクの種類、場所等)、サービス仕様(音声通信、

音声・ビデオ通信、音声・ビデオ・力覚通信、端末タイプ等)にも依存する。本研究は、この QoE 定義に従って行われた。

QoE 尺度の内、ユーザ満足度は、音声やビデオ等の主観品質評価において、これまでに広く用いられてきた重要なものである。ITU-T では、MOS(Mean Opinion Score)を尺度としている。

上述の定義以外にも、多くの研究者が多様な QoE の定義を与えている。しかし、それらはいずれもユーザの主観に基づいた品質を意味し抽象的総括的な内容であることは共通している。そのため、実際の QoE 評価の研究においては、スカラーの評価尺度(大多数は MOS)が用いられることが多く、QoE の多次元的特徴を明示的に扱っている研究は少なかった。この種の QoE 多次元評価の研究は、イリノイ大学(ACM Multimedia2009)やオタワ大学(EuroHaptics2008)、IEEE の2010年3月号 Network Magazine と2012年4月号 Communications Magazine の QoE 特集号等に見られる。しかし、いずれも、QoE の明示的向上技術の確立にまで踏み込んでいない。

QoE 状況依存性の研究は、上述の国外機関等に加え、国内でも NTT、芝浦工大、NICT、早稲田大、KDDI 等で音声・ビデオ・Web を対象として行われているが、明示的 QoE 向上方法までは扱っていない。

そこで、研究代表者は、上述の QoE 研究における状況の展開を図るために、学術研究助成基金助成金・挑戦的萌芽研究に「マルチメディア多次元 QoE 制御アーキテクチャの研究」を申請し、平成 23~24 年度に助成金を受けて研究を行った。本研究は、その成果を更に発展させたものである。

## 2. 研究の目的

マルチメディア通信サービスのユーザ体感品質(Quality of Experience: QoE)への影響要因を定量的に明確化し、その結果に基づいて QoE の向上を可能にする基礎技術を確立することを目的とする。

まず、QoE への影響要因の候補として、ユーザ属性(性別、年齢、性格、嗜好、経験度、期待度等)、利用環境(有線通信、無線通信等)、タスク(作業)の種類、端末特性、ネットワーク性能(スループット、パケット欠落率、遅延、遅延揺らぎ等)を取り上げ、どのような状況でどの要因が支配的になるかを明らかにする。

次に、その結果を参考にして、与えられた状況に適応して QoE を向上する方法を考案し、有効性を立証する。

低遅延 IP 通信を前提として、無線及び有線のアクセス回線を用いた音声・ビデオ通信と、力覚・音声・ビデオ通信で実証実験を行う。インタラクティブ通信サービス(対話型及びストリーミング)を対象とする。

### 3. 研究の方法

本研究の目的である“QoEへの影響要因の定量的明確化”と“その結果に基づいたQoE向上基礎技術の開発”に鑑みて、次の3ステップの方法論を取った。

(a)QoEの概念整理と体系化，(b)本研究遂行の方法論の策定，(c)その方法論による具体的QoE向上方式の考案/有効性検証。

(b)は，更に2種類に分かれる。

(b-1)影響要因の明確化を先行した後にQoE向上方式を検討する。これは，具体的には，“QoE数理統計モデルの構築”を先行させることを意味する。

(b-2)ユーザと状況に適したQoE向上方式を発見的に取り上げ，その検討の過程で影響要因を明確化していく。これは，実験的方法論を意味する。

(c)におけるQoE向上方式としては，研究代表者・分担者が提案し研究を続けている4方式を取り上げる。すなわち，1)音声・ビデオ通信におけるQoEベースビデオ出力方式“SCS (Switching between error Concealment and frame Skipping)”(引用文献～)2)多視点ビデオ・音声(MVV-A: Multi-View Video and Audio)通信(引用文献)，3)力覚・音声・ビデオ通信における“メディア適応型メディア内同期制御方式(MAB: Media Adaptive Buffering)”(引用文献)，及び4)“ユーザ援用型QoE向上方式(User-Assisted QoE Enhancement)”(引用文献で音声・ビデオ通信SCSに対して提案されたが，いずれの通信形態にも適用可能と考えられる)を対象とする。

以上(a)～(c)の組合せによって，次の八つの具体的研究方法を採用した。

- (1) QoEの概念整理と体系化
- (2) ユーザ援用型QoE向上方式の一般化
- (3) MVV-A通信における多次元QoEのリアルタイム推定
- (4) 無線通信におけるSCSのQoE評価と有線通信との比較
- (5) SCSアルゴリズムの改善によるQoE向上
- (6) ユーザ援用型QoE向上方式のSCSへの適用：閾値選択
- (7) MABを用いた力覚・音声・ビデオ通信へのユーザ援用型QoE向上方式の適用：プレイアウトバッファリング時間選択
- (8) QoE数理統計モデルの構築

### 4. 研究成果

上記八つの研究方法によって得られた成果を，以下，順に記す。各方法の題目の後に対応する発表論文番号も記しておく。

- (1) QoEの概念整理と体系化(図書)  
情報ネットワークの評価尺度として，従来の技術的要因であるQoS(Quality of Service: サービス品質)に加えてQoEの重要

性が広く認知されてきた動向に鑑み，QoEとQoSの関係を整理したモデルを構築した。それを基軸として情報ネットワーク基礎技術の構造化を試みて，1冊の学部レベルの教科書にまとめた。これは，インターネットを中心とするこれからのネットワーク社会の健全な進展には，人工システムであるネットワークの性能(QoS)だけではなく，ユーザである人間を中心とした評価尺度QoEが重要であることを，技術教育の初期の段階で強調しておくことを意図したものである。

- (2) ユーザ援用型QoE向上方式の一般化(雑誌論文)

“ユーザ援用型QoE向上方式”は，最初はSCSにおける出力方式(誤り補償方式とフレームスキップ方式)切り替えのための閾値選択用に提案された(引用文献)。しかし，この考え方は，SCSだけでなく他の多くのシステムにも適用可能であるとの認識が，研究代表者には当初からあった。そこで，これを概念的に整理し，QoEへの影響要因の観点からQoE管理問題の解決策として拡張した。音声・ビデオインタラクティブ通信を例として取り上げ，QoEを最適にするプレイアウトバッファリング時間選択のためのGUI(Graphical User Interface)として実装して有効性を立証した。

- (3) MVV-A通信における多次元QoEのリアルタイム推定(雑誌論文)

多視点ビデオ(MVV)は，送信側で取得される複数のカメラ位置のビデオ情報から，受信側ユーザが好みの視点を選択できるようにすることでQoEを向上する。MVV-Aは，ビデオと同時に音声も送信することを明示したものである。

本研究は，QoEを多次元尺度(総合満足度，ビデオの滑らかさ，音声の滑らかさ，視点切り替えの応答性)で表現することによって，きめ細かなQoEの定量表現を可能にするとともに，それをリアルタイム推定する方法を考案したものである。推定には，アプリケーションレベルQoSとトランスポートレベルQoSとを説明変数とする重回帰式を用いた。多様な使用環境において重回帰式によるQoE推定を可能にするために，使用状況タイプ(usage-situation type)の概念を導入し，代表重回帰式を算出した。実験により重回帰式の推定精度を調査して，リアルタイム推定が実現可能であることを立証した。

- (4) 無線通信におけるSCSのQoE評価と有線通信との比較(雑誌論文)

SCSは，ビデオの空間品質と時間品質とのトレードオフ関係を利用したQoE向上方式である。SCSのこれまでの研究では，有線通信を主たる適用対象としていた(引用文献～)。無線通信におけるSCSの研究は，シミュレーションによるものがあるに過ぎない。

しかし、SCSは、原理的には無線通信にも適用可能であり、無線通信においても十分にその長を發揮できることが期待される。

そこで、実無線LANを用いて、音声・ビデオ伝送の主観評価実験を実施し、QoE評価を行った。無線通信は、バースト的なパケット欠落が生じやすいという長を考慮して、ユーザに好まれる閾値(すなわち、高いQoEを達成できる閾値)が、パケット欠落パターンにどのように影響されるかを調べた。その結果、有線通信とは異なる、いくつかの傾向が見られた(雑誌論文 )。

更に、2種類のコンテンツを、無線アクセスネットワークで伝送する場合と、同一コンテンツを有線ネットワークで伝送する場合とのSCSの比較も行った。有線と無線のネットワークでは、品質劣化要因であるパケット遅延、遅延揺らぎ、パケット欠落の発生メカニズムが異なる。これらのメカニズムの違いがQoEに及ぼす影響を主観評価実験により調査した。また、Bピクチャフレームを含むビデオを用いて、ピクチャパターンがQoEに及ぼす影響も調べた(雑誌論文 )。

(5) SCSアルゴリズムの改善によるQoE向上(雑誌論文 )

SCSアルゴリズムを改善する二つの方法、すなわち、ビデオスライス分割法(雑誌論文 )、出力切り替え情報算出法(雑誌論文 )を提案して有効性を調べた。

SCSの従来研究では、入力ビデオサイズの幅に合わせて行単位でビデオスライスを構成していた。しかし、この方法では各ビデオスライスの情報量に差が生じて、IPデータグラムの分割やIP層でのオーバーヘッドの増加による性能低下の可能性が生じる。そこで、Ethernetの最大転送単位(MTU)に合わせて1ビデオスライスに含まれるマクロブロック数を調整する方法を提案した。そして、提案方式と従来の行単位方式との主観評価実験比較を行った。その結果、提案方式は、ビデオの空間品質が重要なコンテンツの場合には、行単位方式より優れていることが明らかになった。

SCSは、受信ビデオフレームの損傷の度合いに応じて、誤り補償方式とフレームスキップ方式とを切り替えてビデオを出力する。従来研究は、この出力切り替え情報として、誤り補償率(1ビデオフレームを構成するビデオスライスの内、誤り補償が行われたビデオスライスの割合)を用いていた。誤り補償率が、予め定められた閾値よりも大きければ、フレームスキップにする。しかし、フレーム間相関を利用したビデオ圧縮符号化を用いた場合には、受信側で誤り補償を行うと、関係するフレームにも誤り補償による空間品質劣化が伝播する。そのため、誤り補償率は、復号されたビデオフレームの空間品質劣化度を正確には反映しない。そこで、1ビデオフレームを構成するマクロブロックの内、欠落

や誤り補償の伝播により空間品質が劣化したマクロブロック数の割合を、ビデオの空間品質劣化率と定義して、出力切り替え情報として利用する方法を提案した。この提案方式では、GOP単位で欠落スライス情報の管理が必要となるため、実装はやや複雑になる。従来方式と提案方式について、閾値、コンテンツ、ピクチャパターン、被験者種別がQoEに及ぼす影響を、主観評価実験により評価した。その結果、提案方式は、動きが緩やかなコンテンツにおいて優位性が認められるとともに、動きが大きいコンテンツでも低負荷でGOP長が短い場合にはQoEを向上させた。

(6) ユーザ援用型QoE向上方式のSCSへの適用：閾値選択(雑誌論文 )

SCSにおけるリモコン型閾値選択のための2種類のユーザインタフェース(2モード切替方式、4モード切替方式)を提案した。それらを、フレームスキップ方式(0%固定方式)や誤り補償方式(100%固定方式)と比較する主観評価実験を行った。被験者として、2種類のグループ(理系男子大学生、文系女子大生)を用い、グループの違いがQoEや好みのユーザインタフェースとインタフェース操作回数に及ぼす影響を調べた。その結果、両グループにおいて、提案したユーザインタフェース、中でも4モード切替方式が高いQoEを達成することが明らかになった。また、理系男子大学生のインタフェース操作回数は、両インタフェースとも、文系女子大生のものよりも多くなった。これらの結果は、QoE向上に適したインタフェースは、ユーザの属性に依存することを意味する。更に、広範囲且つ多様な被験者による検証が望まれる。

(7) MABを用いた力覚・音声・ビデオ通信へのユーザ援用型QoE向上方式の適用：プレイアウトバッファリング時間選択(雑誌論文 )

力覚・音声・ビデオインタラクティブ通信において、メディア適応型メディア内同期制御方式(MAB)は、メディア毎に適したプレイアウトバッファリング時間を設定することによってQoEを向上するものである(引用文献 )。この適切なバッファリング時間長は、種々の状況に依存し、現実的に実装が容易な選択方法は自明ではない。これまでに提案されているのは、QoEを推定しその推定値を基にして切り替えを行う方式(QoE監視を用いたQoS制御方式：引用文献 )のみであった。この方式では、推定されたQoEが多くのユーザの平均的な値であるため、個々のユーザの好みの違いを反映できない。バッファリング時間の選択をユーザ援用にすることによって、個々のユーザの好みの違いにも対応可能になることが期待できる。そこで、ユーザ選択のためのインタフェースを設けた方式(ユーザ援用型QoS制御方式)を提案した。これは、プレイアウトバッ

ファリング時間の選択をユーザに任せてアプリケーションレベルQoSを制御することによってQoEの向上を図るということを意味する。

ユーザ援用型QoS制御方式(手動モード)とQoE監視を用いたQoS制御方式(自動モード)とに加えて、ユーザが二つのモードを切り替える方式2種類(初期状態が手動モードか自動モードのいずれか)の計4方式(手動モードを含む3方式がユーザ援用型QoE向上方式に相当する)を取り上げ、多次元QoEの主観評価実験による比較を行った。被験者は、理系男子大学生20人と文系女子大学生20名であった。実験では、オブジェクト移動作業とカスタネット叩き作業との2種類を用いた。実験の結果、ユーザ援用型QoS制御方式は優れたQoEを達成することが明らかになった。また、男子大学生はユーザ援用型QoS制御方式や切り替え制御方式を、女子大学生は切り替え制御方式を好むことも分かった。

#### (8) QoE 数理統計モデルの構築 (雑誌論文)

以上で述べた研究成果(2)~(7)は、“3. 研究の方法”に記載した方法論「(b-2)ユーザと状況に適したQoE向上方式を発見的に取り上げ、その検討の過程で影響要因を明確化していく」に対応する。平成25~26年度の研究実施の経験から、本研究の目的「状況適応型QoE向上基礎技術確立」を達成するためには、「(b-2)」の実験的アプローチと、「(b-1)QoE数理統計モデルの構築」という理論的アプローチとのバランスが取れた展開が不可欠との認識に至った。

QoEをきめ細かく表現するためには多次元尺度が必要であり、且つそれらの尺度の状況依存性を組み込んだ数理モデルの構築が必須である。これまでのQoE研究では、このようなモデルを構築可能にする手法は見られなかった。

そこで、研究代表者は、他の専門分野にも目を向け、問題解決に適した方法論の調査と考察に専念した結果、ベイズ統計解析学にたどり着いた。ベイズ統計解析法の利点は、影響要因を条件として明示的に表現した上でQoE評点生起の事後確率分布を求めることができる点にある。

まず研究の第1ステップとして、単一尺度QoE(満足度)を取り上げ、音声・ビデオインタラクティブ通信のベイズ階層モデルを構築した。これは、世界初のQoEベイズ統計モデルである。尤度関数には、評点のロジスティック関数を採用し、母数(パラメータ)の事前確率分布としては無情報事前分布と階層事前分布を用いた。評点間の順序性を反映するために、評点判断のカテゴリ境界を潜在変数で表現した。その結果、QoE

への影響要因を考慮した評点の事後確率分布を計算することができ、QoEベイズ推定値を求めることができた。

続いて、力覚・音声・ビデオインタラクティブ通信における多次元QoE尺度のベイズ構造方程式モデリングの研究もを行い、複数QoE尺度間の相関・因果構造を定量的に解明した。

#### <引用文献>

S.Tasaka and H.Yoshimi, “Enhancement of QoE in audio-video IP transmission by utilizing tradeoff between spatial and temporal quality for video packet loss”, Conf. Rec. IEEE GLOBECOM2008, Dec. 2008.

S.Tasaka, H.Yoshimi, A.Hirashima and T.Nunome, “The effectiveness of a QoE-based video output scheme for audio-video IP transmission”, Proc. ACM Multimedia, pp.259-268, Oct. 2008.

S. Tasaka and A. Hirashima, “Methods of Selecting Threshold for the QoE-Based Video Output Scheme SCS”, Conf. Rec. IEEE GLOBECOM2010, CQRM03-3, Dec. 2010.

Erick Jimenez Rodriguez, T. Nunome and S.Tasaka, “QoE Assessment of Multi-View Video and Audio IP Transmission”, IEICE Transactions on Communications, Vol.E93-B, No.6, pp.1373-1383, June 2010.

磯村栄一, 田坂修二, 布目敏郎, “ビデオ・音声・力覚メディアインタラクティブIP通信におけるメディア適応型メディア内同期制御によるQoE向上”, 電子情報通信学会論文誌(B), Vol.J96-B, No.2, pp.59-70, 2013年2月。

磯村栄一, 田坂修二, 布目敏郎, “ビデオ・音声・力覚メディアインタラクティブIP通信におけるQoE監視によるQoS制御”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-11-15, 2011年9月。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 13件)

豊崎聖, 布目敏郎, 田坂修二, 横井友洋, “ユーザ属性の違いがビデオ出力方式SCSのリモコン型閾値選択インタフェースQoEに及ぼす影響”, 電子情報通信学会技術研究報告(CQ2013-1), 査読無, Vol.113, No.7, pp.1-6 (2013.04)

楓卓, 布目敏郎, 田坂修二, “音声・ビデオ・力覚メディアインタラクティブIP伝送のためのユーザ援用型QoS制御方式の一検討”, 電子情報通信学会2014年総合大会講演論文集, 査読無, B-11-32 (2014.03)

豊崎聖, 布目敏郎, 田坂修二, “実無線LANを用いたビデオ・音声IP伝送におけるビデオ出力方式SCSのQoE評価”, 電子情報通信学会2014年総合大会講演論文集, 査読無, B-11-33 (2014.03)

Shuji Tasaka and Toshiro Nunome, “QoE Enhancement of Multimedia Communications by User-Assistance”, Proceedings of World Telecommunications Congress 2014 (WTC2014), 査読有, pp.1-6 (2014.06)

楓卓, 布目敏郎, 田坂修二, “音声・ビデオ・力覚メディアインタラクティブIP通信におけるユーザ援用型QoE向上”, 電子情報通信学会技術研究報告(CQ2014-34), 査読無, Vol.114, No.131, pp.107-112 (2014.07)

Toshiro Nunome, Shuji Tasaka, Satoshi Toyosaki, and Tomohiro Yokoi, “Threshold Selection Interfaces for the QoE-Based Video Output Scheme SCS”, ITE Transactions on Media Technology and Applications, 査読有, Vol.2, No.4, pp.310-319, (2014.10), DOI: /10.3169/mta.2.310

Toshiro Nunome, and Shuji Tasaka, “Multidimensional QoE Estimation of Multi-View Video and Audio (MVV-A) IP Transmission”, IEICE Transactions on Communications, 査読有, Vol.E98-B, No.3, pp. 515-524, (2015.03), DOI: 10.1587/transcom.E98.B.515

Shuji Tasaka, “A Bayesian Hierarchical Model of QoE in Interactive Audiovisual Communications”, Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC2015), 査読有, pp.8611-8617 (2015.06)

布目敏郎, 小野浩史, 田坂修二, “QoEベースビデオ出力方式SCSにおけるネットワーク環境がQoEに及ぼす影響”, 電子情報通信学会技術研究報告(CQ2015-41), 査読無, Vol.115, No.206, pp.7-12 (2015.09)

松井佑太, 布目敏郎, 田坂修二, “ビデオスライス分割方法がビデオ出力方式SCSのQoEに及ぼす影響”, 2015年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会講演論文集, 査読無, B-11-19 (2015.09)

Suguru Kaede, Toshiro Nunome, and Shuji Tasaka, “QoE Enhancement of Audiovisual and Haptic Interactive IP Communications by User-Assistance”, Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE2015), 査読有, pp.35-42 (2015.10) DOI: 10.1109/CSE.2015.24

松井佑太, 布目敏郎, 田坂修二, “ビデオの空間品質劣化の伝播を考慮したビデオ出力方式SCSのQoE評価”, 電子情報通信学会技術研究報告(CQ2016), 査読無, pp.49-54 (2016.04)

Shuji Tasaka, “Bayesian Structural Equation Modeling of Multidimensional QoE in Haptic- Audiovisual Interactive Communications”, Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC2016), 査読有, 6 pages (2016.05)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 1件)

田坂修二, 数理工学社, “情報ネットワークの基礎[第2版]”, 2013年11月, 283頁.

〔その他〕

ホームページ等

<http://inl.web.nitech.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田坂 修二 (TASAKA, Shuji)

公益財団法人名古屋産業科学研究所・研究員

研究者番号: 80110261

### (2) 研究分担者

布目 敏郎 (NUNOME, Toshiro)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 10345944